

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 02-035358

(43)Date of publication of application : 05.02.1990

(51)Int.Cl.

G01N 33/48

A61B 10/00

(21)Application number : 63-185145

(71)Applicant : TOA MEDICAL ELECTRONICS
CO LTD

(22)Date of filing : 25.07.1988

(72)Inventor : TANIGUCHI KEIJI

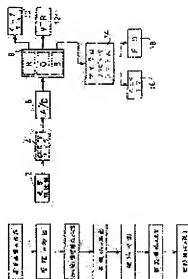
(54) IMAGE PROCESSING METHOD FOR TAKING OUT GLANDULAR CAVITY OF STOMACK TISSUE

(57)Abstract:

PURPOSE: To detect a glandular cavity from the image of the tissue of a stomach accurately by newly providing a step for taking out a tubule region other than a nucleus, and taking out a part, wherein the tubule part or a lumen region other than the nucleus is pressure in a boundary in which the nucleus is made to be a thin line, as a glandular cavity.

CONSTITUTION: A color signal which is formed by picking up an image with a color image sensing device 4 is stored in an image memory 8. A microcomputer system 14 takes out the lumen region of the tissue of a stomach from the variable color density image which is stored in the memory. Then a region which is regarded as a glandular cavity region other than a nucleus is taken

out 23. Thereafter, a region which is regarded as the nucleus region is taken out 24. Then, each extracted region is made to be thin line. Furthermore, a closed curve is formed. In this way, a temporary boundary line between the glandular cavity and a framework is obtained. Then, a region, wherein said lumen or the glandular cavity excluding the nucleus is included, the independent nucleuses are fewer than the specified number and the degree of agreement between the boundary line and the nuclear region exceeds a specified value, is taken out of the region surrounded by said boundary line. In this way, the glandular cavity region is



5/2/2008

determined.

⑥ Int. Cl.⁵

G 01 N 33/48
A 61 B 10/00

識別記号

庁内整理番号

M 7055-2C
M 7259-4C

⑥ 公開 平成2年(1990)2月5日

審査請求 未請求 請求項の数 6 (全14頁)

④ 発明の名称 胃組織の脈管を抽出するための画像処理方法

⑦ 特 願 昭63-185145

⑧ 出 願 昭63(1988)7月25日

⑨ 発 明 者 谷 口 慶 治 福井県福井市上里町十八字18番地
⑩ 出 願 人 東亜医用電子株式会社 兵庫県神戸市中央区港島中町7丁目2番1号
⑪ 代 理 人 弁理士 清水 哲 外2名

明 細 書

1 発明の名称

胃組織の脈管を抽出するための画像処理方法

2 特許請求の範囲

(1) 胃組織片に染色を施した組織標本をカラー撮像装置で撮像し、得られた画像から胃組織の脈管を抽出するための画像処理方法において、

上記カラー撮像装置から得られた赤、緑及び青の画像信号をA/D変換して、赤色濃淡画像、緑色濃淡画像及び青色濃淡画像を得る濃淡画像の作成過程と、

上記濃淡画像から胃組織の脈管が良く現われている画像を作成し、これから濃度値が上記管腔領域と他の領域との閾値以上である領域を抽出する管腔領域抽出過程と、

上記管腔が良く現われている画像において、濃度値が、胃組織の脈管の状と、この状を除く脈管領域及び上記胃組織の肉質との、閾値以上であり、かつ上記管腔が良く現われている画像の差分画像において濃度値が上記状を除く脈管領域と上

記肉質との閾値以下である領域を抽出する状を除く脈管領域の抽出過程と、

上記濃淡画像から上記状が良く現われている画像を作成し、これから濃度値が上記状と他の領域との閾値以下の領域を抽出する該領域の抽出過程と、

上記抽出された該領域を二値化し、さらに閉曲線化することにより脈管と肉質との仮の境界線を得る領域分割過程と、

上記境界線で囲まれた領域内に上記管腔または上記状を除く脈管を含み、かつ孤立状が所定数未満であり、さらに上記境界線と該領域との一致度が所定値以上の領域を抽出する脈管領域の決定過程とを、

具備する胃組織の脈管を抽出するための画像処理方法。

(2) 上記管腔領域抽出過程において、上記管腔が良く現われている画像を、上記緑色濃淡画像と青色濃淡画像との対応する画素の差を取ることによって得ることを特徴とする請求項1記載の胃組織

の腔腔を抽出するための画像処理方法。

(3) 上記腔領域の抽出過程において、上記腔が良く現われている画像を、上記赤色濾波画像と上記青色濾波画像との対応する画素の差を取ることにによって得ることを特徴とする請求項1または2記載の胃組織の腔腔を抽出するための画像処理方法。

(4) 上記腔領域抽出過程、核を除く腔領域抽出過程または腔領域抽出過程において、抽出された領域のうち所定面積未満の孤立した領域を削除することを特徴とする請求項1、2または3記載の胃組織の腔腔を抽出するための画像処理方法。

(5) 上記腔域分割過程において、上記閉曲線化は、核領域を拡張した後、細線化することによって、細線を縮小させることにより行ない、この閉曲線化によって得られた境界線と核領域との一致度が所定値未満の境界線を削除することを特徴とする請求項1、2、3または4記載の胃組織の腔腔を抽出するための画像処理方法。

(6) 上記腔腔抽出過程の後、腔腔の境界線上の或

る画素から、腔腔領域に含まれてなく、かつ核領域でない領域までの最短距離を求め、上記或る画素からの距離が上記最短距離よりも小さく、上記腔腔領域に含まれていない核領域の画素を新たに上記腔腔領域に加えることを特徴とする請求項1、2、3、4または5記載の胃組織の腔腔を抽出するための画像処理方法。

3 発明の詳細な説明

<産業上の利用分野>

この発明は、染色を施した組織標本をカラー画像装置で撮像して得た画像から、特定組織の像を抽出する方法に関し、特に胃組織画像から腔腔を抽出する画像処理方法に関する。

<従来技術>

今日、癌は日本人の死因の第1位を占めており、早期診断の必要性がある。例えば、胃癌の場合、検査方法としては、X線検査、内視鏡検査等があるが、早期発見のためには顕微鏡による胃組織検査が重要である。ところが、顕微鏡による組織検査を行なうには、熟練が必要であり、また時

3

間と労力がかかる。

そこで、胃組織検査を自動化するための前歩として、胃組織標本を撮像して得られた画像から、癌が発生した場合に、高解像度で形態異常が見られる腔腔を抽出する方法が考えられている。例えば、(イ) 電子情報通信学会論文誌D VOL. J78-D NO.6第1242頁乃至第1247頁所載の「胃組織画像の腔腔抽出法」、(ロ) 電子情報通信学会論文誌D VOL. J71-D NO.1第176頁乃至第181頁所載の「胃組織画像の腔腔抽出法の改良」にそれぞれ記載された方法がある。これらは、共に染色を施した胃組織標本をカラー画像装置で撮像して得た画像を、画像処理技術を用いて腔腔を抽出する方法である。なお、第20図に示すように、腔腔20は、胃腔を通すための管である管腔22と、その回りを取り巻いている細胞群である腔腔24とからなり、さらに腔腔の核26は腔腔24の腔腔に偏在し、各腔腔20の間には間質が存在する。

(イ)の方法は、核と腔腔とを抽出し、核を細線化したものを、腔腔領域と間質との境界線として

4

使用し、この境界線によって完全に腔腔が囲まれている場合には腔腔領域とし、この境界線によって完全に腔腔が囲まれていない場合には、腔腔領域に対して底辺等を行なった後に腔腔領域かどうかを判定しているものである。

(ロ)の方法は、核の領域が腔腔と間質との境界に位置していること、画像において明度の低いところを谷、高いところを山とすると、核領域は谷に存在していることを利用して、核領域を抽出し、これによって領域分割を行ない、分割された核領域に対してそれが腔腔領域であるか間質であるかを判定するものである。

<発明が解決しようとする課題>

腔腔は一般には管腔を有しているが、癌化のために、管腔がつぶれてしまったり、腔腔形成初期において管腔が見られない腔腔も存在する。従って、(イ)の方法のように管腔領域を利用して、腔腔を抽出するもので、上記のような管腔を持たない腔腔を抽出することができないという問題点があった。また、(ロ)の方法によれば、管腔を有

5

6

さない腺腔や小面腔の腺腔の抽出が可能となるが、同質の核が腺腔（腺管）の核のように円形状に並んでいた場合、その同質領域を腺腔領域と誤って抽出することがあるという問題点があった。

この発明は、核を除く腺管領域を検出する過程を追加することにより、上記の同方法よりも更に正確に腺腔を検出することができる方法を提供することを目的とする。

＜腺腔を解決するための手段＞

上記の目的を達成するため、この発明による方法では、胃組織片に染色を施した組織標本をカラー撮像装置で撮像し、得られた画像から胃組織の腺腔を抽出するための画像処理方法において、第1図に示すように、濃淡画像作成過程と、管腔の抽出過程と、核を除く腺管領域の抽出過程と、核領域の抽出過程と、領域分割過程と、腺腔領域の決定過程とを具備している。

濃淡画像作成過程は、第3図(a)乃至(c)に示す様に、上記カラー撮像装置から得られた赤、緑及び青の画像信号をA/D変換して、赤色濃淡画

像、緑色濃淡画像及び青色濃淡画像を得るものである。

管腔の抽出過程は、上記濃淡画像より胃組織の管腔が良く現われている画像を作成し、これから濃度値が上記管腔領域と他の領域との関係以上である領域、即ち第4図に示すように管腔と目される領域を抽出するものである。

核を除く腺管領域の抽出過程は、上記管腔が良く現われている濃淡画像において、濃度値が、胃組織の腺管の核と、核を除く腺管領域及び上記胃組織の同質との、関係以上であり、かつ上記管腔が良く現われている画像の差分画像において濃度値が上記核を除く腺管領域と上記同質との関係以下である領域を抽出し、第5図(b)に示すように核を除く腺管領域と目される領域を抽出するものである。

核領域抽出過程は、第6図(e)に示すように、上記濃淡画像から上記核が良く現われている画像を作成し、これから濃度値が上記核と他の領域との関係以下の領域を抽出し、第6図(b)に示すよ

うに核領域と目される領域を抽出するものである。

領域分割過程は、上記抽出された各領域を細線化し、さらに閉曲線化することにより、第7図(d)に示すように、腺腔と同質との核の境界線を得るものである。

腺腔領域の決定過程は、上記境界線で囲まれた領域内に上記管腔または上記核を除く腺腔を含み、かつ孤立核が所定数未満であり、さらに上記境界線と各領域との一致度が所定値以上の領域を抽出し、腺腔領域を決定するものである。

なお、上記管腔領域抽出過程において、上記管腔が良く現われている画像は、上記緑色濃淡画像と青色濃淡画像との対応する画素の差を取ることで得ることができる。

また、上記核領域の抽出過程において、上記核が良く現われている画像は、上記赤色濃淡画像と上記青色濃淡画像との対応する画素の差を取ることで得ることができる。

上記管腔領域抽出過程、核を除く腺管領域抽出

過程または核領域抽出過程において、抽出された領域のうち所定面積未満の孤立した領域を削除して、抽出精度を高めてよい。

上記領域分割過程において、閉曲線化は、核領域を拡張した後、細線化することによって、細線を連結させることにより行なってもよく、この閉曲線化によって得られた境界線と核領域との一致度が所定値未満の境界線を削除して、領域分割精度を高めてよい。

上記腺腔抽出過程の後、腺腔の境界線上の画素から、腺腔領域に含まれてなく、かつ核領域でない領域までの最短距離を求め、上記画素から距離が上記最短距離よりも小さく、上記腺腔領域に含まれていない核領域の画素を新たに上記腺腔領域に加えてもよい。

＜作用＞

人体から採取した胃組織片をスライドガラスに貼付し、染色を施して、組織標本を作成する。これをカラー撮像装置で撮像し、赤、緑、青の画像信号を得る。これをA/D変換することにより赤

色濃淡画像、緑色濃淡画像及び青色濃淡画像が得られる。

第20図に示すように、一般に、腹腔20の内部には管腔22が存在している。そこで各濃淡画像のうちから管腔22が比較的良好に現われている画像を選び出す。この画像には雑音が含まれていることが多いので、これを除去し、管腔が良く現われている濃淡画像を得る。この濃淡画像に管腔の濃度と他の領域の濃度との関係を設定して、管腔と目される領域を抽出する。

また、第20図に示すように、管腔22の周囲を腺管24が取り囲んでいる。また、腺管24の枝28は、腺管24の縁に存在している。さらに、枝を除く腺管領域28は、濃度値が管腔と枝との中間の値をとり、その濃度変化が緩やかであるという特徴を有している。そこで、管腔が良く現われている画像から、枝と、枝を除く腺管領域及び間質とを識別する閾値以下である領域を抽出して、枝を除く腺管領域及び間質を、枝と識別する。さらに管腔が良く現われている画像から差分画像を得て、枝を

除く腺管と間質とを識別できる閾値によって枝を除く腺管と目される領域を抽出する。そして、枝を除く腺管領域及び間質と目される領域と、枝を除く腺管領域と目される領域の論理積によって枝を除く腺管領域を抽出する。

各濃淡画像のうちから枝が比較的良好に現われている画像を選び出す。この画像には所どころまばらかの雑音が付加されているので、これを除去することによって枝が良く現われている濃淡画像を得る。この画像に枝と他の領域とを識別できる閾値を用いて、枝と目される領域を抽出する。

腺管の枝は、腺管の縁、即ち腺腔の縁を囲うように存在している。従って、枝を細線化することによって既知腺腔領域と間質とを識別することができる。ただし、枝領域を細線化したものでは、細線は途中で断線部分があることがあり、これを連結させて閉曲線化し、腺腔領域を抽出するのに有効な境界線を得る。

腺腔は、その内部に管腔または枝を除く腺管を含み、かつ孤立枝が少なく、さらに腺腔の縁に枝

1 1

が集まっているという特徴を有している。よって、境界線で囲まれた領域内に、管腔または枝を除く腺管領域をとり、かつ孤立枝が所定数未満であり、さらに、その境界線と枝領域との一致度が所定値以上の領域を選び、これらを腺腔と判断している。

<実施例>

第2図は、この発明の1実施例を実施するために用いる装置の概略を示すブロック図で、同図において、2は光学顕微鏡で、胃から採取した胃組織をハマトキシリン・エオジン重染色法で染色した組織標本を拡大するものである。4はこの拡大像を撮像するCCDカラーTVカメラ4である。6はA/D変換器で、CCDカラーTVカメラ4からのR、G、Bの各撮像信号をR、G、B各ディジタル撮像信号に変換するものである。8は画像メモリシステム8で、Rメモリ、Gメモリ、Bメモリを有し、R、G、B各ディジタル撮像信号をそれぞれ記憶するものである。なお、必要に応じて画像メモリシステム8に記憶されたR、G、

1 2

B各ディジタル撮像信号は、アナログ信号に変換されて、モニタTV10に映しだされたり、VTR12に記録される。

14はマイクロコンピュータシステムで、メモリシステム8のR、G、B各ディジタル信号を入力し、後述するような画像処理を行ない、腺腔の抽出をする。18は、必要に応じて腺腔の抽出過程あるいは抽出結果を映しだすためのモニタTV、18は必要に応じて抽出結果を記憶するためのフロッピーディスクシステムである。

主に、マイクロコンピュータシステム14にて行なわれる画像処理は、第1図に示したように、濃淡画像の作成過程、管腔の抽出過程、枝を除く腺管の抽出過程、領域分割過程、腺腔領域の決定過程及び既知腺腔の修正過程からなる。以下、各過程ごとに順に説明する。

(1) 濃淡画像の作成過程

この過程は、胃から採取した胃組織をハマトキシリン・エオジン重染色法で染色した組織標本を光学顕微鏡2によって拡大し、CCDカラーTV

カメラ4で撮像し、このカメラ4からの赤、緑及び青の撮像信号をA/D変換器5でA/D変換し、画像メモリシステム8のR、G、Bの各メモリに記憶させるものである。第3図(a)に赤の撮像を、同図(b)に緑の画像を、同図(c)に青の画像を示す。組織標本は、ヘマトキシリン・エオジン重染色法で染色しているので、血管の核は濃い青色に染まり、腔管の細胞質と間質は淡色に染まる。よって赤の画像には核の部分が比較的是っきりと現われ、緑の画像には腔管の部分が比較的是っきりと現われる。青の画像には核も腔管も腔管ははっきりと現われないが、腔管を得る際に掘入したごま状の雑音が見われている。この雑音の発生原因としては、組織標本を透過光を用いて得ているので、組織中の血液が光ったり、組織標本を作った際に異物が組織中に混入し、その結晶が光る等が考えられる。なお、各画像は、縦×横が80×80画素で、そのサンプリング間隔は、約3.05 μ mである。また、これら画像の画素値は255階調で表わされており、画素値255が最も明るい。

1 5

ステップ2

画像GB(i,j)には、腔管の他に、核、核を除く腔管、間質も含まれているが、腔管は背景とほとんど同じ濃度であるので、腔管領域は固定の閾値によって抽出することができる。ここでは、画像GB(i,j)が閾値173以上の領域を腔管としており、次の式によって領域を抽出し、2値化している。

$$T(i,j) = \begin{cases} 1 & \text{if } GB(i,j) \geq 173 \\ 0 & \text{その他の場合} \end{cases}$$

なお、閾値は場合によっては173以外の値を用いることもある。

ステップ3

ステップ2で得られた画像は、ステップ1によっても除去されなかった雑音により濃度の高くなった領域も含んでいる。そのため、 $T(i,j) = 1$ である領域のうち、8隣接(上下、左右斜めの8方向)を高確として数えて、面積(画素数)が10未満のものは雑音と見なし、その値を $T(i,j) = 0$ とする。例えば第10図に示すような場合、1で

(2) 腔管の抽出過程

腔管領域は、第3図(b)に示したように緑の画像に比較的是っきりと現われている。これを用いて腔管を抽出するが、この緑の画像には、ごま状の雑音も含まれている。この雑音を除去するため、緑の画像と青の画像の対応する画素間の差を取る。これは、青の画像には核、核を除く腔管、腔管が見われてなく、雑音が他の画像と同じ位置に見われているからである。第9図にこの過程の各ステップを示す。

ステップ1

緑の画像G(i,j)と青の画像B(i,j)から次の式により画像GB(i,j)を作成する。

$$GB(i,j) = G(i,j) + B(i,j) + 200$$

ここで、G(i,j)は画像(i,j)における緑の画像の濃度、B(i,j)は画像(i,j)における青の画像の濃度である。式において、200を加算しているのは、GB(i,j)の濃度値が常に0から255までの値となるようにするためであり、場合によっては200とは異なる値を加算することもある。

1 6

ある画素数は8であるので、この領域は除去される。この結果得られた $T(i,j) = 1$ の領域を新たな腔管領域とする。

このようにして抽出した腔管領域を第4図に示す。なお、ステップ3では8隣接を基礎として画素数を数えたが、4隣接(上下、左右の4方向)を基礎として画素数を数えてもよい。

(3) 核を除く腔管領域の抽出過程

腔管によっては、腔のために腔管が破壊されているものや、まだ腔管形成初期段階にあり、いまだに腔管が見られないものもある。従って、腔管の検出のみによって判断と決定すると、検出精度は低くなる。この点を改善するため、核を除く腔管領域を抽出する。この領域は、細胞の円形質領域であるので、濃度値は核と腔管の中間的な値を取り、濃度変化(差分値)が低いという特徴を有している。この点を利用して、第11図に示すようなステップによって、核を除く腔管領域を抽出している。

ステップ4

1 7

1 8

画像 $GB(i, j)$ には、管腔の他に、核、核を除く腺管、間質が含まれ、核を除く腺管と、間質とはほぼ同じ濃度であり、画像 $GB(i, j)$ から管腔を除き、これに対して自動しきい値選択法を適用することにより、核と、核を除く腺管領域及び間質とに、分割する。そこで、画像 $GB(i, j)$ から濃度が 203 以上の領域を取り除くことによって管腔を除く。この閾値が、(2) の過程で用いた閾値と異なっているのは、胃組織の中には粘液質の部分があり、この粘液質の部分は、管腔と、核を除く腺管領域及び間質との中間濃度を持つので、この部分を管腔と区別するためである。なお、この閾値 203 は状況に応じて異なった値のものを使用される。このようにして管腔を除いた領域に対し、自動しきい値選択法を適用して、核と、核を除く腺管及び間質とを、分割する閾値 CTH を決定する。なお、自動しきい値選択法は、各濃度のヒストグラムにおいて、級間分散 σ_w^2 と、級内分散 σ_b^2 との比である $F = \sigma_w^2 / \sigma_b^2$ が最大となる濃度を閾値と選択するものである。

1 9

ステップ 6

上記のようにして作成した差分画像 $DGB(i, j)$ のうち、画像 $GB(i, j)$ の濃度が閾値 203 以上の画素、即ち管腔の部分を取り除き、残りの領域に対して自動しきい値選択法を用いて、閾値 CTH を求める。この閾値 CTH を用いることにより、差分値の低い核を除く腺管領域と、差分値の高い間質領域とを分割できる。なお、閾値としては 203 以外の数値を使用することもある。

ステップ 7

ステップ 4、6 でそれぞれ決定した閾値 CTH 、 DTH を用いて、次式に示すようにして、核を除く腺管領域を抽出する。

$$C(i, j) = \begin{cases} 1; & GB(i, j) \geq CTH \text{ かつ} \\ & DGB(i, j) \leq DTH \\ 0; & \text{その他の場合} \end{cases}$$

さらに、ステップ 3 で抽出した管腔 $T(i, j)$ と上座の $C(i, j)$ の画像について、次式を満足する領域 $TC(i, j)$ を作る。

ステップ 5

ステップ 4 で求めた閾値 CTH で核を除く腺管と間質とを抽出することができるが、これから核を除く腺管のみを抽出する必要がある。間質には核が点在しており、リンパ球や血球が侵入したりしていることもある。従って、濃度値の変化が、核を除く腺管よりも激しい。このため、画像 $GB(i, j)$ について差分画像 $DGB(i, j)$ を作成する。この作成はソーベル (Sobel) 法を用いる。即ち、

$$DGB(i, j) = (\Delta x^2 + \Delta y^2)^{1/2}$$

$$\Delta x = GB(i-1, j+1) + 2GB(i, j+1) + GB(i+1, j+1) - \{GB(i-1, j-1) + 2GB(i, j-1) + GB(i+1, j-1)\}$$

$$\Delta y = \{GB(i-1, j+1) + 2GB(i, j+1) + GB(i+1, j+1)\} - \{GB(i-1, j-1) + 2GB(i, j-1) + GB(i+1, j-1)\}$$

$$DGB(i, j) = \{GB(i-1, j+1) + 2GB(i, j+1) + GB(i+1, j+1)\} - \{GB(i-1, j-1) + 2GB(i, j-1) + GB(i+1, j-1)\}$$

の演算を行なう。なお、差分画像の作成方法としてはソーベル法以外の方法を用いることもできる。

2 0

$$TC(i, j) = \begin{cases} 1; & T(i, j) = 1 \text{ または} \\ & C(i, j) = 1 \\ 0; & \text{その他の場合} \end{cases}$$

ステップ 8

ステップ 7 で作成した画像 $TC(i, j)$ には、間質の一端が残っている可能性がある。間質は、核が点在しているので、ステップ 7 でたとえ抽出されていても、その面積は小さなものである。そこで、次のような処理を行なって、間質を取り除く。まず、 $TC(i, j) = 1$ の領域から管腔領域 $T(i, j) = 1$ を取り除き、残った $TC(i, j) = 1$ の領域を 8 隣接で 1 画素退避する (上下、左右、斜めの 8 方向全てで他の画素と隣接していない画素を削除する。)。例えば、第 12 図に示すような領域は 1 画素退避すると、斜線で示したような領域となる。次に縮退された領域の中で 4 隣接での画素 (上下、左右の方向) となっていない画素数が 10 画素未満の領域は、 $TC(i, j) = 0$ とする。例えば第 12 図の場合、縮退後の画素は上下に 2 個つなわれているだけであるので、第 12 図の領域は T

$C(i, j) = 0$ とされる。なお、4 隣接で 10 要素未満の要素を除去するようにしたのは、8 隣接で 10 要素未満のもの除去すると、除去されすぎるからである。最後に、先に取り除いた管腔を再び $T C(i, j) = 1$ の領域に戻す。こうして補正した 2 値画像を新たな $T C(i, j)$ とする。

第 5 図(a)に $G B(i, j)$ の画像を、同図(b) 横を除いた腸管領域の抽出画像を、同図(c)に補正後の $T C(i, j)$ を示す。

なお、 $T C(i, j)$ に管腔領域を含めているが、これは後述する腸腔領域の決定の処理を簡易化するためである。

(4) 枝の抽出過程

枝は第 3 図(a)に示したように、赤の濃淡画像に最も良く現われている。よって、この画像を用いて枝の抽出を行なう。この過程の各ステップを第 12 図に示す。

ステップ 9

赤の濃淡画像 (i, j) にも、ごま塩状の雑音が含まれている。これを除去するために、ステップ 1

2 3

る。なお、閾値としては 135 以外の値を用いることもある。

ステップ 10

この関係 $N T H$ を用いて、次式により枝領域を抽出し、2 値画像 $N(i, j)$ を作成する。

$$N(i, j) = \begin{cases} 1 & : R B(i, j) \leq N T H \\ 0 & : \text{その他の場合} \end{cases}$$

第 6 図(b)に、このようにして作成した $N(i, j)$ 画像を示す。

(5) 領域分割過程

(4)の枝抽出過程によって得られた枝抽出画像を細線化し、これを用いて、胃腸腸画像の領域分割を行なう。この各ステップを第 14 図に示す。なお、枝抽出画像を領域分割に用いているのは、第 20 図に示したように枝が腸腔の周囲を取り囲んだ状態で存在しているからである。

ステップ 12

第 6 図(b)に示すような枝抽出画像 $N(i, j)$ を、連続性を 8 隣接としたヒルディッチの方法によって細線化し、第 7 図(a)に示すような画像 N

と同様に $R B(i, j)$ 画像を次式によって作成する。

$$R B(i, j) = R(i, j) - B(i, j) + 130$$

ただし、 $R(i, j)$ は画像 (i, j) における赤の画像の濃度、 $B(i, j)$ は画像 (i, j) における青の画像の濃度である。定数 130 を加算しているのは、 $R B(i, j)$ の濃度を常に 0 から 255 までの値とするためである。この定義の値は状況によって他の値を用いることもある。このようにして作成した $R B(i, j)$ 画像を第 6 図(c)に示す。

ステップ 10

$R B(i, j)$ 画像には、枝の他に管腔、横を除く腸管及び腸胃も含まれている。管腔はステップ 2 と同様に固定の閾値を用いて除去できる。一方、横を除く腸管領域と腸胃とはほぼ同じ濃度である。従って、画像 $R B(i, j)$ から横を抽出するための閾値は、次のようにして決定する。 $R B(i, j)$ のうち値が例えば 135 以上の要素を管腔として取り除き、残った領域に対し自動しきい値選定法を用いて、横抽出のための閾値 $N T H$ を決定す

2 4

$T(i, j)$ を作成する。この細線が領域分割を行なう上の基本的な各腸腔の境界となる。

ステップ 12

細線化画像 $N T(i, j)$ とは別に、枝抽出画像 $N(i, j)$ を 8 隣接で 1 画拡張した画像 $N F(i, j)$ を作成する。これは第 15 図に示すように、この拡張は画像 $N T(i, j)$ において、閉曲線とならなかった領域を閉曲線とし、隙間を取り囲ませ、領域分割ができるようにするためである。

ステップ 14

$N T(i, j)$ と $N F(i, j)$ とを用い、次式により画像 $N S(i, j)$ を作成する。

$$N S(i, j) = N T(i, j) + N F(i, j)$$

この結果、細線化領域は $N S(i, j) = 2$ (細線化領域と拡張領域とが重なるため)、拡張された領域は $N S(i, j) = 1$ 、背景は $N S(i, j) = 0$ となる。 $N S(i, j)$ の画像を第 7 図(b)に示す。

ステップ 15

$N S(i, j) = 2$ の画像、即ち先の細線化領域を保存しながら、再度細線化を行なう。これは、横

画された領域をそのまま細線化すると、本来の膨脹領域の境界と細線化した線の一致度が低くなるからである。第7図(c)にステップ15の処理結果を示す。

ステップ15

上記のような処理をすると、第7図(c)に示すように、孤立点や、端点を持つ枝状の細線及び細線化されなかった領域が生じる。これを除去するため、 $NS(i, j)$ の両端についてその8隣接での連結数を調べる。そして式次により不要な点、線領域を除去し2倍化する。

$$NS(i, j) \begin{cases} 1: IN. \{NS(i, j)\} \geq 2 \\ 0: \text{その他の場合} \end{cases}$$

ただし、 $IN. \{NS(i, j)\}$ は西隣数 $NS(i, j)$ における8隣接での連結数である。第7図(d)に、この処理結果を示す。

ステップ17

分割された領域の統合を行なう。第1段階の統合処理として、境界線上の西隣において、RB画像 (i, j) での同じ位置の西隣が管腔領域の値、例

2 7

め、その値が例えば 0.59未満の境界を除去する。このように統合処理をした領域分割画像 $NR(i, j)$ とする。なお、上記の数値 0.58、0.59は場合によっては他の値を使用することもある。

(1) 膨脹領域の決定過程

この過程は、上記のようにして分割された領域に対し、その領域が膨脹であるかどうか判定を行なうものである。この各ステップを第17図に示す。

ステップ18

分割された領域を $TC(i, j)$ 西隣と比較する。分割された領域内に $TC(i, j) = 1$ なる領域が存在すると、その領域内には管腔または枝を除く膨脹領域が存在することになるので、その領域を膨脹領域として残し、 $TC(i, j) = 1$ の領域が存在しない場合には、その領域を削除する。

ステップ20

膨脹領域は、その内部に孤立枝をほとんど含まないという特徴を有する。そこで、孤立枝を内部に多く含む膨脹領域を除去する。除去する場

2 9

えば121に近い値を持つ場合、その境界を除去して、領域の統合を行なう。なお、この膨脹領域の値は状況に応じて変更される。

ステップ18

ステップ17の統合処理の結果に対し、第2段階の領域統合を行なう。即ち、領域の隣り合う2つの分岐点間の境界線において、式次により枝との一致度を調べる。

$$\text{一致度} = \frac{\text{枝領域上にある境界の西隣数}}{\text{分岐点間にある全西隣数}}$$

例えば第16図において、白枠で示したのが境界西隣で、黒枠で示したのが枝と一致した境界西隣。P、Q、Rは分岐点である。分岐点P、Q間の全西隣数は3であり、枝と一致した境界西隣数は2である。よって一致度は2/3となる。また、分岐点P、R間の全西隣数も3であり、枝と一致した境界西隣数は1であるので、一致度は1/3となる。このようにして求めた一致度が例えば0.5未満の境界を除去し、領域を統合する。このようにして統合したものに対し、再度一致度を同様に変

2 8

換の孤立枝の数は、膨脹領域領域の面積（西隣数）に対応して、下表のように変化させている。

面積（西隣数）	孤立枝の数
21以上200以下	2以上
201以上400以下	4以上
401以上800以下	5以上
801以上1000以下	7以上
1001以上1500以下	11以上
1501以上	15以上

なお、領域の面積（西隣数）が20以下の領域は全て除去する。また、上記の面積と孤立枝の数の関係は、状況に応じて変化させることがある。

ステップ21

ステップ20の処理により抽出された領域に対して、枝の一致度を次の3つの場合に分けて調べる。

(1) 対象となる領域が、他の領域と接しており、領域内に管腔がある場合には、領域の全ての境界に対して枝との一致度を調べる。

(2) 対象となる領域が、他の領域と接しており、領域内に管腔がない場合、他の領域と接していない境界についてのみ、枝との一致度を調べる。

(3) 対象となる領域が他の領域と全く接していない場合、領域内の管腔の有無に拘らず、領域の境界全てに対して枝の一致度を調べる。一致度はステップ18で用いたのと同じ式によって算出する。例えば第18図において、S1は管腔を持つ領域、S2、S3は管腔を持たない領域で、S1とS2とは境界を接している。また同図において0を付した画素は枝と一致する画素である。S1はS2と境界を接し、かつ管腔を有しているので、(1)の方法に従って、左下がりの斜線で示すように、全境界の画素数を数え、この数に対する枝と一致する画素数の比を求める。S2はS1と境界を接し、管腔を有していないので、(2)の方法に従って、右下がりの斜線で示した他の領域と接していない境界の画素数を数え、この画素数に対する他の領域と接していない境界における枝と一致する画素数の比を求める。S3は他の領域と境界を接

していないので、(3)の方法に従って、領域の全ての境界の画素数を数え、これに対する枝と一致する画素数の比を求める。

このようにして一致度を求めた後、その一致度が例えば0.75以下の領域は、管腔と考えにくいので、削除する。なお、上記の0.75という数値は状況に応じて変更することがある。このようにして抽出された領域が隣接領域となる。第8図(a)は、領域分割の画像N R (i, j)に画像T C (i, j)を重ねたものである。同図(b)はステップ19の処理により抽出された隣接候補領域、同図(c)はステップ20, 21の処理を行なった後の画像である。

(7) 隣接領域の補正過程

上記のようにして抽出した隣接領域は、枝領域を細線化したものを領域の境界としているので、実際の隣接領域とは若干ずれがある。従って、次に示すような処理に抽出された隣接領域を補正する。領域の境界上の属する画素P₀に対して、枝抽出画像N (i, j) = 0となる全ての画素P₁₀ (ただし、隣接領域外)とのユークリッド距離D (P₀,

3 1

3 2

P₁₀)を計算し、その値が最小のものをdとする。次にN (i, j) = 1となる全ての画素P₁₁において、P₀からのユークリッド距離がdよりも小さく、他のどの領域にも含まれていない画素が存在する場合、その画素を新たに隣接領域とするものである。例えば、第19図の場合、斜線を施した部分が隣接の境界で、点線で示した部分が抽出された隣接領域に含まれていない枝領域である。ここで、画素Pから見て枝抽出画像N (i, j)において最も近い枝領域画素とならば、N (i, j) = 0はBである。PとBとは、隣接する画素間の距離を1とすると、水平方向に1、垂直方向に2の位置にあるので、PとBとのユークリッド距離dは $\sqrt{1^2 + 2^2} = \sqrt{5}$ である。そこで、Pからの距離が $\sqrt{5}$ 未満である、他の領域に含まれていないN (i, j) = 1である画素Nを新たに隣接領域とする。この処理を他の境界画素についても行う。第8図(d)は、このようにして処理して得た画像である。なお、明るい部分が新たに追加された隣接領域である。

< 発明の効果 >

以上のように、この発明によれば、枝を除く隣接領域を抽出する過程を新たに設け、枝を細線化して得た境界内に、枝を除く隣接領域または管腔領域があるものを隣接として抽出するようにしているので、管腔を有しない管腔や、枝の分布状態が乱れて管腔の周囲を完全に取り巻いていないような管腔をも抽出することができる。

また、組織像の作成時にヘマトキシリン・エオジン染色色を行なった場合には、緑の濃淡画像と青の濃淡画像の対応する画素の差を取ることで、緑色が少なく管腔が良く現われている濃淡画像G B (i, j)が得られ、赤の濃淡画像と青の濃淡画像の対応する画素の差を取ることで、緑色が少なく枝が良く現われている濃淡画像R G (i, j)が得られる。従って、2倍化により管腔領域及び枝領域を抽出しやすい。

また、管腔領域抽出過程、枝を除く隣接領域抽出過程、枝領域抽出過程において、抽出された領域のうち所定画素未満の孤立した領域は、雑音と

3 3

3 4

見なされるので、これらを排除している。従って、管腔領域、枝を除く腹管領域、枝領域の2値化画像がさらに雑音少く得られる。

また、枝領域を細線化する際に、枝領域を拡張することにより枝領域を連結させて、細線化しているので、細線化された枝は連結されて容易に且つ正しく閉曲線化することができる。

さらに、腹腔領域を補正することにより抽出された枝領域を抽出することができるので、より正確に腹腔領域を抽出することができる。

4 図面の簡単な説明

第1図はこの発明の各過程を示すフローチャート。第2図はこの発明の1実施例に使用する機器のブロック図。第3図(a)乃至(c)は濃淡画像の作成過程によって得られる画像を示す図。第4図は管腔抽出過程によって得られる画像を示す図。第5図(a)乃至(c)は枝を除く腹管領域の抽出過程においてそれぞれ得られる画像を示す図。第5図(a)、(b)は枝の抽出過程で用いられる各画像を示す図。第7図(a)乃至(d)は領域分割過程で得

られる画像を示す図。第8図(a)乃至(d)は腹腔領域の決定過程で得られる画像を示す図。第9図は管腔の抽出過程のフローチャート。第10図は管腔の抽出過程における領域補正の説明図。第11図は枝を除く腹管領域の抽出過程のフローチャート。第12図は枝を除く腹管領域の抽出過程における領域補正の説明図。第13図は枝の抽出過程のフローチャート。第14図は領域分割過程のフローチャート。第15図は領域分割過程における枝の一致度の求め方の説明図。第16図は領域分割における第2段階領域統合の説明図。第17図は腹腔領域の決定過程のフローチャート。第18図は腹腔領域の決定過程における枝の一致度の求め方の説明図。第19図は腹腔領域の補正過程の説明図。第20図は腹腔の状態を示す図である。

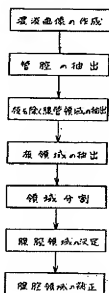
4……CCD TVカメラ、6……A/D変換器、8……画像メモリシステム、14……マイクロコンピュータシステム。

特許出願人 東亜医用電子株式会社
代理人 清水 哲 ほか2名

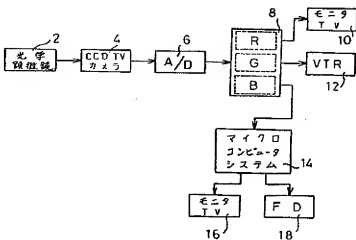
3 5

3 6

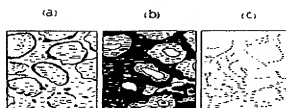
第 1 図



第 2 図



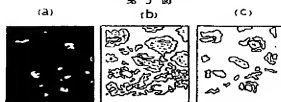
第 3 図



第 4 図



第 5 図



第 6 図



図面の浄書 (内容に変更なし)

第 7 図



(c)



図面の説明 (内容に誤りなし)

第 7 図

(d)



第 8 図

(a)



(b)



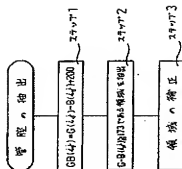
(c)



(d)



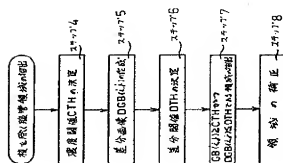
第 9 図



第 10 図

0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	1	1	0
0	1	1	0	0
0	0	0	1	0
0	0	0	0	0

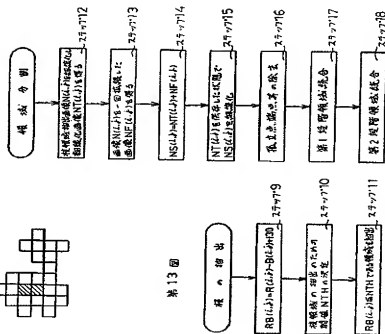
図 11 図



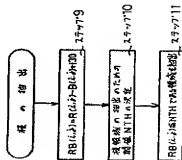
第12図



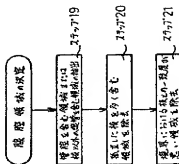
第14図



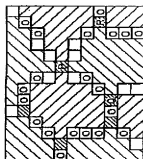
第13図



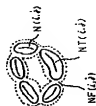
第17図



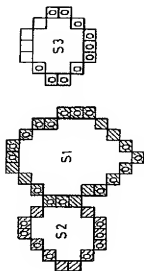
第16図



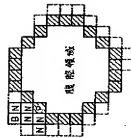
第15図



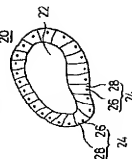
第18図



第19図



第20図



手続補正書 (方式)

昭和63年11月 10日

特許庁長官 吉田文雄 閣下

1 事件の表示

特願昭63-185145号

2 発明の名称

胃組織の腫瘍を抽出するための画像処理方法

3 補正をする者

事件との関係 特許出願人

トリアイロファアンレ
名称 東亜医用電子株式会社

4 代理人

郵便番号 651

住所 神戸市中央区西井通7丁目1番1号

神戸新聞会館内 電話(078)251-2211

氏名 (5376) 清水 哲

住所 同上

氏名 (6298) 田中 哲

住所 同上

氏名 (8229) 森 司 正 男

5 補正命令の日付

発送日 昭和63年10月25日

6 補正の対象

図面の第7図及び第8図

7 補正の内容

願書に最初に添付した図面の抄写・製紙の通り
(内容に変更なし)。

添付書類

図面 (第7図、第8図) 1通

以上

